


Кислицын А.А.  
Физика атома, атомного  
ядра и элементарных  
частиц

18 (0). Строение электронных оболочек. Объяснение периодической системы элементов Д.И.Менделеева.

В 1869 году Д.И.Менделеев обнародовал периодический закон и его следствие - таблицу элементов. В 1870 году он назвал таблицу "естественной", а еще через год - "периодической". Вид первых вариантов таблиц был далек от современного. В то время были известны только 63 элемента (сейчас 118), не были известны инертные газы, актиноиды, а, самое главное, отсутствовали сведения о строении атомов. Таблица состояла из 6 вертикальных столбцов (предшественники современных периодов) и содержала 67 элементов (63 известных + 4 предсказанных). Три из предсказанных (экабор, экасилиций и экаалюминий) вскоре были открыты и получили названия соответственно: скандий Sc, германий Ge и галлий Ga. После этого периодический закон получил всеобщее признание.

# "Короткая" форма таблицы, 2000-й год

		ПЕРИОДИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА										VII		VIII		 Периодический закон открыт Д.И. МЕНДЕЛЕЕВЫМ в 1869 году
1	(H)											1	H	2	He	
		II	III	IV	V	VI						1.0079	ВОДОРОД	4.00260	ГЕЛИЙ	
2	<b>Li</b> 3 6.94, ЛИТИЙ	<b>Be</b> 4 9.01218, БЕРИЛЛИЙ	5	<b>B</b> 10.81 БОР	6	<b>C</b> 12.011 УГЛЕРОД	7	<b>N</b> 14.0067 АЗОТ	8	<b>O</b> 15.999, КИСЛОРОД	9	<b>F</b> 18.998403 ФТОР	10	<b>Ne</b> 20.17, НЕОН		
3	<b>Na</b> 11 22.98977, НАТРИЙ	<b>Mg</b> 12 24.305, МАГНИЙ	13	<b>Al</b> 26.98154 АЛЮМИНИЙ	14	<b>Si</b> 28.085, КРЕМНИЙ	15	<b>P</b> 30.97376 ФОСФОР	16	<b>S</b> 32.06, СЕРА	17	<b>Cl</b> 35.453, ХЛОР	18	<b>Ar</b> 39.94, АРГОН		
4	<b>K</b> 19 39.098, КАЛИЙ	<b>Ca</b> 20 40.08, КАЛЬЦИЙ	<b>Sc</b> 21 44.9559, СКАНДИЙ	<b>Ti</b> 22 47.88, ТИТАН	<b>V</b> 23 50.9415, ВАНАДИЙ	<b>Cr</b> 24 51.996, ХРОМ	<b>Mn</b> 25 54.9380, МАРГАНЕЦ	<b>Fe</b> 26 55.84, ЖЕЛЕЗО	<b>Co</b> 27 58.9332, КОБАЛЬТ	<b>Ni</b> 28 58.70, НИКЕЛЬ						
	29 63.54, <b>Cu</b> МЕДЬ	30 65.38, <b>Zn</b> ЦИНК	31 69.72, <b>Ga</b> ГАЛЛИЙ	32 72.5, <b>Ge</b> ГЕРМАНИЙ	33 74.9216, <b>As</b> МЫШЬЯК	34 78.9, <b>Se</b> СЕЛЕН	35 79.904, <b>Br</b> БРОМ	36 83.80, <b>Kr</b> КРИПТОН								
5	<b>Rb</b> 37 85.467, РУБИДИЙ	<b>Sr</b> 38 87.62, СТРОНЦИЙ	<b>Y</b> 39 88.9059, ИТТРИЙ	<b>Zr</b> 40 91.22, ЦИРКОНИЙ	<b>Nb</b> 41 92.9064, НИОБИЙ	<b>Mo</b> 42 95.94, МОЛИБДЕН	<b>Tc</b> 43 98.9062, ТЕХНЕЦИЙ	<b>Ru</b> 44 101.0, РУТЕНИЙ	<b>Rh</b> 45 102.9055, РОДИЙ	<b>Pd</b> 46 106.4, ПАЛЛАДИЙ						
	47 107.868, <b>Ag</b> СЕРЕБРО	48 112.41, <b>Cd</b> КАДМИЙ	49 114.82, <b>In</b> ИНДИЙ	50 118.6, <b>Sn</b> ОЛОВО	51 121.7, <b>Sb</b> СУРЬМА	52 127.6, <b>Te</b> ТЕЛЛУР	53 126.9045, <b>I</b> ИОД	54 131.30, <b>Xe</b> КСЕНОН								
6	<b>Cs</b> 55 132.9054, ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> 56 137.33, БАРИЙ	<b>La*</b> 57 138.905, ЛАНТАН	<b>Hf</b> 72 178.4, ГАФНИЙ	<b>Ta</b> 73 180.947, ТАНТАЛ	<b>W</b> 74 183.8, ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> 75 186.207, РЕНИЙ	<b>Os</b> 76 190.2, ОСМИЙ	<b>Ir</b> 77 192.2, ИРИДИЙ	<b>Pt</b> 78 195.0, ПЛАТИНА						
	79 196.9665, <b>Au</b> ЗОЛОТО	80 200.5, <b>Hg</b> РУТУТЬ	81 204.3, <b>Tl</b> ТАЛЛИЙ	82 207.2, <b>Pb</b> СВИНЕЦ	83 208.9804, <b>Bi</b> ВИСМУТ	84 [209]*, <b>Po</b> ПОЛОНИЙ	85 [210], <b>At</b> АСТАТ	86 [222], <b>Rn</b> РАДОН								
7	<b>Fr</b> 87 [223], ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> 88 226.0254, РАДИЙ	<b>Ac**</b> 89 [227], АКТИНИЙ	<b>Ku</b> 104 [261], КУРЧАТОВИЙ												

Обозначение элемента Атомный номер

<b>Li</b> 3	Атомная масса
ЛИТИЙ 6.94	

Атомные массы приведены по Международной таблице 1977 года.  
Точность последней значащей цифры ±1 или ±3, если она выделена мелким шрифтом.  
В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.

\* ЛАНТАНОИДЫ

Ce 58 140.12 ЦЕРИЙ	Pr 59 140.9077 ПРАЗЕОДИЙ	Nd 60 144.2, НЕОДИЙ	Pm 61 [145]* ПРОМЕТИЙ	Sm 62 150.4, САМАРИЙ	Eu 63 151.96, ЕВРОПИЙ	Gd 64 157.2, ГАДОЛИНИЙ	Tb 65 158.9254, ТЕРБИЙ	Dy 66 162.5, ДИСПРОЗИЙ	Ho 67 164.9304, ГОЛЬМИЙ	Er 68 167.2, ЭРБИЙ	Tm 69 168.9342, ТУЛИЙ	Yb 70 173.0, ИТТЕРБИЙ	Lu 71 174.96, ЛЮТЕЦИЙ
--------------------------	--------------------------------	---------------------------	-----------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	------------------------------	------------------------------	-------------------------------	--------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

\*\* АКТИНОИДЫ

Th 90 232.0381 ТОРИЙ	Pa 91 231.0369 ПРОТАКТИНИЙ	U 92 238.02, УРАН	Np 93 237.0482, НЕПУНИЙ	Pu 94 [244], ПЛУТОНИЙ	Am 95 [243], АМЕРЦИЙ	Cm 96 [247], КУРИЙ	Bk 97 [247], БЕРКЛИЙ	Cf 98 [251]*, КАЛИФОРНИЙ	Es 99 [254], ЭЙНШТЕЙНИЙ	Fm 100 [257], ФЕРМИЙ	Md 101 [258], МЕНДЕЛЕВИЙ	(No) 102 [259], (НОБЕЛИЙ)	(Lr) 103 [260], (ЛОУРЕНСИЙ)
----------------------------	----------------------------------	-------------------------	-------------------------------	-----------------------------	----------------------------	--------------------------	----------------------------	--------------------------------	-------------------------------	----------------------------	--------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------



# Объяснение периодической системы элементов – одна из важнейших задач атомной физики.

Сформулируем прежде всего те принципы, на которых основано это объяснение:

1). Состояние электрона в атоме полностью определяется четырьмя квантовыми числами:

главным квантовым числом  $n = 1, 2, 3, \dots;$

орбитальным

квантовым числом  $l = 0, 1, \dots, n-1;$

магнитным квантовым числом  $m = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l;$

магнитным спиновым

квантовым числом  $m_s = +1/2, -1/2.$

- 2) Принцип Паули: В атоме может существовать только один электрон в состоянии, характеризуемом данными значениями четырех квантовых чисел; т.е. два электрона в одном и том же атоме должны различаться значениями по крайней мере одного квантового числа.
- 3) Атом (как и любая система) устойчив тогда, когда находится в состоянии с наименьшей возможной энергией.

Совокупность электронов, обладающих одинаковым главным квантовым числом образует слой. Слои имеют названия :

$n$	1	2	3	4	5	6	...
Название	К	L	M	N	O	P	...

Совокупность электронов, имеющих одинаковые  $n$  и  $l$ , образует оболочку. Названия оболочек :

$l$	0	1	2	3	4	5	...
Название	$s$	$p$	$d$	$f$	$g$	$h$	...

Принцип Паули ограничивает число электронов на той или иной электронной оболочке. Действительно, электроны в невозбужденном атоме стремятся перейти в состояние с наименьшей энергией (в устойчивое состояние), которое соответствует минимальным значениям главного и орбитального чисел. Однако возможность такого перехода ограничена принципом Паули. Поэтому электроны в невозбужденном атоме находятся в таких состояниях, при которых энергия атома является наименьшей, но распределение по состояниям удовлетворяет принципу Паули.

Установим теперь, сколько электронов может находиться на оболочке и в атоме.

Т.к. число  $m_s$  может иметь два значения, то в атоме может быть два электрона с одинаковыми числами  $n, l, m$ .

При заданном  $l$  квантовое число  $m$  может иметь  $(2l + 1)$  значений, следовательно, на оболочке может быть  $2(2l + 1)$  электронов, т.е.

$l$	0	1	2	3	4	5	6
Название	$s$	$p$	$d$	$f$	$g$	$h$	$i$
Макс. число электронов	2	6	10	14	18	22	26



При заданном  $n$  квантовое число  $l$  может принимать  $n$  значений:  $0, 1, 2, \dots, n - 1$ . Поэтому максимальное число электронов в слое можно выразить суммой арифметической прогрессии:

$$\sum_{l=0}^{n-1} 2(2l+1) = \frac{2 + 2(2(n-1)+1)}{2} n = 2n^2 \quad (17.1)$$

$n$	1	2	3	4	5	6	7
Название	К	L	M	N	O	P	Q
Макс. число электронов	2	8	18	32	50	72	98

Конфигурация электронных оболочек атомов записывается с помощью следующих обозначений. Каждая оболочка обозначается соответствующим  $n$  и буквой, обозначающей  $l$ , а индексом справа вверху обозначается число электронов. Например:

Водород	$1s^1$
Гелий	$1s^2$
Литий	$1s^22s^1$
Углерод	$1s^22s^22p^2$
Кислород	$1s^22s^22p^4$
Аргон	$1s^22s^22p^63s^23p^6$

Еще несколько примеров конфигураций электронных оболочек атомов:

19	Калий	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 = [\text{Ar}]4s^1$
20	Кальций	$[\text{Ar}]4s^2$
36	Криптон	$[\text{Ar}]4s^2 3d^{10} 4p^6$
37	Рубидий	$[\text{Ar}]4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1 = [\text{Kr}]5s^1$
43	Технеций	$[\text{Kr}]5s^1 4d^6$
54	Ксенон	$[\text{Kr}]5s^2 4d^{10} 5p^6$
55	Цезий	$[\text{Xe}]6s^1$
56	Барий	$[\text{Xe}]6s^2$
57	Лантан	$[\text{Xe}]6s^2 5d^1$
71	Лютеций	$[\text{Xe}]6s^2 5d^1 4f^{14}$
86	Радон	$[\text{Xe}]6s^2 5d^{10} 4f^{14} 6p^6$

Итак, принцип Паули дает следующую картину построения электронной оболочки атомов. Каждый вновь присоединяемый электрон связывается в состоянии с наименьшими возможными квантовыми числами. Эти электроны постепенно заполняют слой с одним и тем же главным квантовым числом  $n$ . Когда построение слоя заканчивается, получается устойчивая структура (инертный газ). Следующий электрон начинает заполнение уже нового слоя и т.д. Эта идеальная схема соблюдается до 18 элемента таблицы Менделеева (до аргона).

Начиная с 19-го элемента (калия) наблюдаются отступления от идеальной схемы. Причина этих отступлений заключается в том, что идеальная схема не учитывает взаимодействия электронов между собой.

Например, 19-ый электрон калия должен (согласно идеальной схеме) находиться в  $3d$ -оболочке. Однако химические и спектроскопические данные указывают на то, что этот электрон находится в  $4s$ -оболочке. Детальный расчет с учетом взаимодействия электронов показывает, что состояние  $3d$  действительно отвечает большей энергии, чем  $4s$ .

1	Д. И. МЕНДЕЛЕЕВА						1	2	
	II	III	IV	V	VI	1,0079 ВОДОРОД	4,00260 ГЕЛИЙ		
2	<b>Li</b> ЛИТИЙ 3 6,94	<b>Be</b> БЕРИЛЛИЙ 4 9,01218	5 10,81	<b>B</b> БОР 6 12,011	<b>C</b> УГЛЕРОД 7 14,0067	<b>N</b> АЗОТ 8 15,9994	<b>O</b> КИСЛОРОД 9 16,999403	<b>F</b> ФТОР 10 20,17	<b>Ne</b> НЕОН
3	<b>Na</b> НАТРИЙ 11 22,98977	<b>Mg</b> МАГНИЙ 12 24,305	13 26,98154	<b>Al</b> АЛЮМИНИЙ 14 28,085	<b>Si</b> КРЕМНИЙ 15 30,97376	<b>P</b> ФОСФОР 16 32,06	<b>S</b> СЕРА 17 35,453	<b>Cl</b> ХЛОР 18 39,94	<b>Ar</b> АРГОН
4	<b>K</b> КАЛИЙ 19 39,098	<b>Ca</b> КАЛЬЦИЙ 20 40,08	<b>Sc</b> СКАНДИЙ 21 44,9559	<b>Ti</b> ТИТАН 22 47,90	<b>V</b> ВАНАДИЙ 23 50,9415	<b>Cr</b> ХРОМ 24 51,996	<b>Mn</b> МАРГАНЕЦ 25 54,9380	<b>Fe</b> ЖЕЛЕЗО 26 55,84	
	29	30	31	32	33	34	35	36	



По этой же причине 20-ый электрон кальция тоже находится в  $4s$ -состоянии, а нормальное заполнение  $3d$ -оболочки начинается у скандия. Аналогичное нарушение нормального порядка наблюдается у рубидия, цезия, франция. Другое отступление от нормального порядка заполнения слоев имеет место у редких земель ( $Z = 58 - 71$ ): идет заполнение  $4f$ -оболочки после того, как заполнены оболочки  $5s$ ,  $5p$  и  $6s$ .

	47 107,868 <b>Ag</b> СЕРЕБРО	48 112,41 <b>Cd</b> КАДМИЙ	49 114,82 <b>In</b> ИНДИЙ	50 118,6, <b>Sn</b> ОЛОВО	51 121,7, <b>Sb</b> СУРЬМА	52 127,6, <b>Te</b> ТЕЛЛУР	53 129,9045 <b>I</b> ИОД	54 131,30 <b>Xe</b> КСЕНОН
6	<b>Cs</b> 55 132,9054 ЦЕЗИЙ	<b>Ba</b> 56 137,33 БАРИЙ	<b>La</b> * 57 138,905, ЛАНТАН	<b>Hf</b> 72 178,4, ГАФНИЙ	<b>Ta</b> 73 180,947, ТАНТАЛ	<b>W</b> 74 183,8, ВОЛЬФРАМ	<b>Re</b> 75 186,207 РЕНИЙ	<b>Os</b> 76 190,2 ОСМИЙ
	<b>Au</b> 79 196,9665 ЗОЛОТО	<b>Hg</b> 80 200,5, РТУТЬ	<b>Tl</b> 81 204,3, ТАЛЛИЙ	<b>Pb</b> 82 207,2 СВИНЕЦ	<b>Bi</b> 83 208,9804 ВИСМУТ	<b>Po</b> 84 [209]* ПОЛОНИЙ	<b>At</b> 85 [210] АСТАТ	<b>Rn</b> 86 [222] РАДОН
7	<b>Fr</b> 87 [223] ФРАНЦИЙ	<b>Ra</b> 88 226,0254 РАДИЙ	<b>Ac</b> ** 89 [227] АКТИНИЙ	<b>Ku</b> 104 [261] КУРЧАТОВИЙ	105			Атомные массы приведены Точность полужирной значащей цифры ±1 к

\* лантаноиды

В квадратных скобках приведены массовые числа наиболее устойчивых изотопов.

<b>Ce</b> 58 140,32 ЦЕРИЙ	<b>Pr</b> 59 140,9077 ПРАЗЕОДИМ	<b>Nd</b> 60 144,2, НЕОДИМ	<b>Pm</b> 61 [145]* ПРОМЕТИЙ	<b>Sm</b> 62 150,4 САМАРИЙ	<b>Eu</b> 63 151,96 ЕВРОПИЙ	<b>Gd</b> 64 157,2, ГАДОЛИНИЙ	<b>Tb</b> 65 158,9254 ТЕРБИЙ	<b>Dy</b> 66 162,5, ДИСПРОЗИЙ	<b>Ho</b> 67 164,9304 ГОЛЬМИЙ	<b>Er</b> 68 167,2, ЭРБИЙ	<b>Tm</b> 69 168,9342 ТУЛИЙ	<b>Yb</b> 70 173,0, ИТТЕРБИЙ	<b>Lu</b> 71 174,96, ЛЮТЕЦИЙ
---------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Таким образом, атомная физика полностью объяснила периодическую таблицу элементов. Причем теория не только объяснила, но и уточнила таблицу. До 1922г. элемент  $Z=72$  не был известен. Он был предсказан Менделеевым, и ему было оставлено место в группе редких земель. Однако по теоретическим соображениям, группа редких земель должна содержать 14 элементов (т.к. на  $4f$  оболочке может находиться 14 электронов), т.е. должна заканчиваться 71-м элементом, а элемент  $Z=72$  должен быть аналогом циркония и титана. На это впервые указал Н. Бор, и вскоре элемент 72 (гафний) был открыт в циркониевых рудах и по своим химическим и оптическим свойствам оказался аналогом титана и циркония, а не элементов группы редких земель.

## Недостатки короткой формы таблицы

Из-за того, что короткая таблица ограничена 8-ю столбцами, приходится подразделять 4-й и следующие периоды на ряды и подгруппы, что лишено химического смысла. Например, в I группе находятся щелочные металлы и резко отличающиеся от них по химическим свойствам золото, серебро и медь. В VII группе находятся галогены и тугоплавкий металл рений. Максимально противоречива структура VIII группы. В нее включена "триада" железа (Fe, Co, Ni), семейство платиновых металлов (Ru, Rh, Pd, Os, Ir, Pt) и инертные газы. Имеются и другие недостатки.

## Длинная форма таблицы

В 1989 году Международный союз теоретической и прикладной химии (International Union of Pure and Applied Chemistry - IUPAC, ИЮПАК) отменил короткую форму и утвердил новую "длинную" форму. Она состоит из 18 групп, обозначенных арабскими цифрами. Но чтобы сохранить преемственность, параллельно новым номерам групп записаны старые номера римскими цифрами с указанием подгрупп (а, б), как в короткой форме. При этом f-элементы (лантаноиды и актиноиды) остались в третьей группе, и для них, как и раньше, выделены отдельные строки.



# "Длинная" форма таблицы, 2004г

## Современная периодическая система элементов Д.И.Менделеева

Group 1	Group 2	Groups 1...18 IUPAC 1989										Group 18						
1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1a	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	0	
1 1s' 1.00794 Hydrogen Водород Hydrogenium	2 2s' 6.941 3 3s' 22.989770 11 Na [Ne]3s' 97.86 883.15 0.93/1.01 Sodium Натрий (Natrium)	3 3s' 6.941 4 3d' 22.989770 11 Na [Ne]3s' 97.86 883.15 0.93/1.01 Sodium Натрий (Natrium)	4 3d' 24.3050 12 Mg [Ne]3s' 97.86 883.15 0.93/1.01 Magnesium Магний	5 3d' 44.955910 21 Sc 3d' 44.955910	6 3d' 47.867 22 Ti 3d' 47.867	7 3d' 50.9415 23 V 3d' 50.9415	8 3d' 51.9961 24 Cr 3d' 51.9961	9 3d' 54.938046 25 Mn 3d' 54.938046	10 3d' 55.845 26 Fe 3d' 55.845	11 3d' 58.933200 27 Co 3d' 58.933200	12 3d' 58.6934 28 Ni 3d' 58.6934	13 3s' 10.811 5 B 2s' 10.811	14 3s' 12.011 6 C 2s' 12.011	15 3s' 14.00674 7 N 2s' 14.00674	16 3s' 15.9994 8 O 2s' 15.9994	17 3s' 18.9984032 9 F 2s' 18.9984032	18 3s' 20.1797 10 Ne 2s' 20.1797	
186.207 186.207 75 Re [Xe] 4f <sup>14</sup> 5d <sup>5</sup> 6s <sup>2</sup> 3180 5627 1.9/1.46 Rhenium Рений Rhenium	Atomic mass, relative Atomic mass, relative Atomic No. Symbol Atomic No. Symbol Electron configuration Electron configuration Melting point (°C) Melting point (°C) Boiling point (°C) Boiling point (°C) Electronegativity Electronegativity (Pauling/Allred & Rochov) Name Name Latin name Latin name	Atomная масса, относительная Atomная масса, относительная Атомный номер, Обозначение Атомный номер, Обозначение Распределение электронов Распределение электронов Температура плавления (°C) Температура плавления (°C) Температура кипения (°C) Температура кипения (°C) Электроотрицательность Электроотрицательность (по Полингу/по Аллреду и Рохову) Name Name Латинское название Латинское название	3 IIIb	4 IVb	5 Vb	6 Vib	7 VIb	8 VIII	9 VIII	10 VIII	11 Ib	12 IIb	13 Al [Aluminum] Алюминий	14 Si [Silicon] Кремний	15 P [Phosphorus] Фосфор	16 S [Sulfur] Сера	17 Cl [Chlorine] Хлор	18 Ar [Argon] Аргон
19 K [Ar]4s' 39.0983 63.65 774 0.82/0.91 Potassium Калий (Kalium)	20 Ca 4s' 40.078 79.86 1487 1.00/1.04 Calcium Кальций	21 Sc 3d' 44.955910 1541 3287 1.36/1.20 Scandium Скандий	22 Ti 3d' 47.867 1670 3287 1.54/1.32 Titanium Титан	23 V 3d' 50.9415 1890 3380 1.63/1.45 Vanadium Ванадий	24 Cr 3d' 51.9961 1857 2672 1.66/1.56 Chromium Хром	25 Mn 3d' 54.938046 1244 1962 1.55/1.60 Manganese Марганец	26 Fe 3d' 55.845 1535 2750 1.83/1.54 Iron Железо	27 Co 3d' 58.933200 1495 2732 1.88/1.70 Cobalt Кобальт	28 Ni 3d' 58.6934 1453 2907 1.91/1.75 Nickel Никель	29 Cu 3d' 63.546 1083.4 2567 1.90/1.75 Copper Медь	30 Zn 3d' 65.39 419.88 907 1.65/1.66 Zinc Цинк	31 Ga 3d' 69.723 29.78 2403 1.81/1.82 Gallium Галлий	32 Ge 3d' 72.61 937.4 2830 2.01/2.02 Germanium Германий	33 As 3d' 74.92160 817 (3.7MPa) субв.615 2.18/220 Arsenic Мышьяк	34 Se 3d' 78.96 217 684.9 2.55/2.48 Selenium Селен	35 Br 3d' 79.904 178.2 587.8 2.96/2.74 Bromine Бром	36 Kr 3d' 83.80 -7.25 -156.6 6.8 eV Krypton Криптон	
37 Rb [Kr]5s' 85.4678 38.89 687.2 0.82/0.89 Rubidium Рубидий	38 Sr 5s' 87.62 769 1384 0.95/0.99 Strontium Стронций	39 Y 4d' 88.90585 1522 3337 1.22/1.11 Yttrium Иттрий	40 Zr 4d' 91.224 1852 4377 1.33/1.22 Zirconium Цирконий	41 Nb 4d' 92.90638 2468 4742 1.6/1.23 Niobium Нюбий	42 Mo 4d' 95.94 2617 4812 2.16/1.30 Molybdenum Молибден	43 Tc 4d' 97.907 2172 4877 1.9/1.36 Technetium Технеций	44 Ru 4d' 101.07 2310 5027 2.2/1.42 Ruthenium Рутений	45 Rh 4d' 102.90550 1966 3727 2.2/1.5 Rhodium Родий	46 Pd 4d' 106.42 1552 3140 2.2/1.4 Palladium Палладий	47 Ag 4d' 107.8682 981.93 2212 1.9/1.4 Silver Серебро	48 Cd 4d' 112.411 320.9 765 1.7/1.5 Cadmium Кадмий	49 In 4d' 114.818 156.78 2080 1.78/1.5 Indium Индий	50 Sn 4d' 118.710 231.88 2270 2.05/1.8 Tin Олово	51 Sb 4d' 121.760 630.5 989.8 2.1/2.0 Antimony Сурьма	52 Te 4d' 127.60 449.5 989.8 2.1/2.0 Tellurium Теллур	53 I 4d' 126.90447 173.04 184.35 2.66/2.2 Iodine Иод	54 Xe 4d' 131.29 -119.9 -107.1 5.85 eV Xenon Ксенон	
55 Cs [Xe]6s' 132.90545 78.5 678.4 0.79/0.86 Cesium Цезий	56 Ba 6s' 137.327 174 920 0.89/0.97 Barium Барий	57 La 5d' 138.9055 178.46 2227 1.10/1.08 Lanthanum Лантан	58 Ce 4f' 140.90765 298 3426 -1.2/1.1 Cerium Церий	59 Pr 4f' 140.90765 931 3512 -1.2/1.1 Praseodymium Прозердий	60 Nd 4f' 144.24 1021 2169 -1.2/1.1 Neodymium Неодим	61 Pm 4f' 144.9126 1169 2460 1.2/1.1 Promethium Прометий	62 Sm 4f' 150.36 1077 1597 -1.2/1.1 Samarium Самарий	63 Eu 4f' 151.964 822 3250 -1.2/1.0 Europium Европий	64 Gd 4f' 157.25 1312 3265 -1.2/1.1 Gadolinium Гадолиний	65 Tb 4f' 158.92534 1356 2692 -1.2/1.1 Terbium Тербий	66 Dy 4f' 162.50 1409 2562 -1.2/1.1 Dysprosium Диспрозий	67 Ho 4f' 164.93032 1474 2696 -1.2/1.1 Holmium Гольмий	68 Er 4f' 167.26 1529 1547 -1.2/1.1 Erbium Эрбий	69 Tm 4f' 168.93421 1547 1945 -1.2/1.1 Thulium Тулий	70 Yb 4f' 173.04 819 1193 -1.2/1.1 Ytterbium Иттербий	71 Lu 4f' 174.967 1663 3302 -1.2/1.1 Lutetium Лутеций		
87 Fr [Rn]7s' 27 677 0.7/0.86 Francium Франций	88 Ra 7s' 226 970 1140 0.89/0.97 Radium Радий	89 Ac 6d' (262) 1050 (-3250) 1.1/1.0 Actinium Актиний	90 Th 6d' 140.90765 1132 3318 1.1/1.1 Thorium Торий	91 Pa 5f' 140.90765 1132 3318 1.1/1.1 Protactinium Протактиний	92 U 5f' 140.90765 1132 3318 1.1/1.1 Uranium Уран	93 Np 5f' 140.90765 1132 3318 1.1/1.1 Neptunium Нептуний	94 Pu 5f' 150.36 1077 1597 -1.2/1.1 Plutonium Плутоний	95 Am 5f' 151.964 822 3250 -1.2/1.1 Americium Америций	96 Cm 5f' 157.25 1312 3265 -1.2/1.1 Curium Кюрий	97 Bk 5f' 158.92534 1356 2692 -1.2/1.1 Berkelium Берклий	98 Cf 5f' 162.50 1409 2562 -1.2/1.1 Californium Калифорний	99 Es 5f' 164.93032 1474 2696 -1.2/1.1 Einsteinium Эйнштейний	100 Fm 5f' 167.26 1529 1547 -1.2/1.1 Fermium Фермий	101 Md 5f' 168.93421 1547 1945 -1.2/1.1 Mendelevium Менделеев	102 No 5f' 173.04 819 1193 -1.2/1.1 Nobelium Нобелий	103 Lr 5f' 174.967 1663 3302 -1.2/1.1 Lawrencium Лоуренсий		

\* Element has no stable nuclides. For radioactive elements the value in parentheses refers to the number of nucleons (mass number) of the most stable isotope (IUPAC, 1995)  
 \* Элемент не имеет устойчивых изотопов. Для него в скобках приведено значение массового числа (число нуклонов в ядре) наиболее долгоживущего изотопа (ИЮПАК, 1995).  
 ( ) Alternative english name  
 [ ] American spelling of the element's name  
 ( ) Альтернативное английское название  
 [ ] Американское написание названия элемента

© P.C. Сайфуллин, А.Р. Сайфуллин, 2004  
 © R.S. Saifullin, A.R. Saifullin, 2004

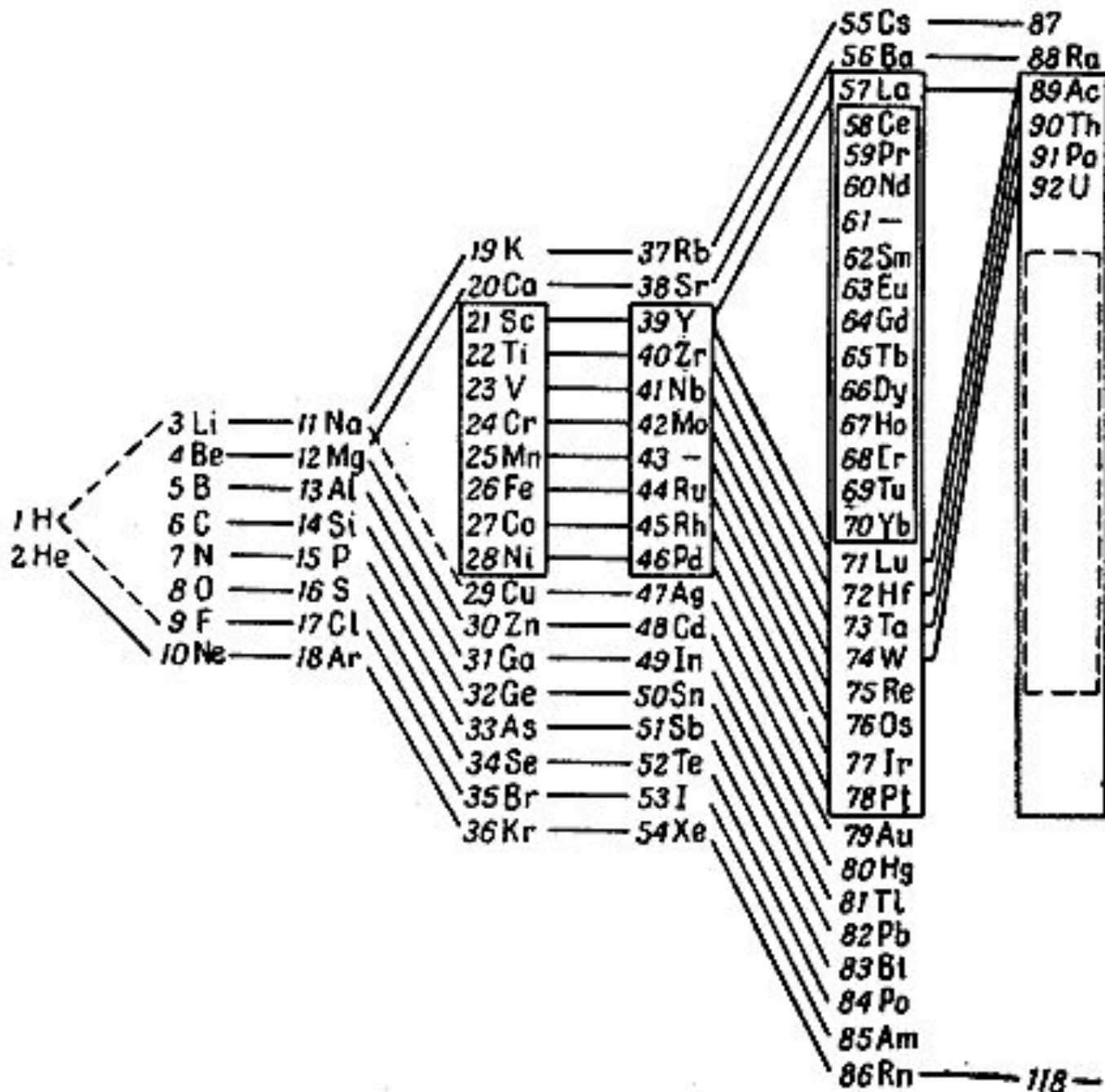
Mar. 2004



# Современная (2019г) таблица Д.И.Менделеева

ГРУППА→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓ ПЕРИОД																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	* 71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	* 103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
			* 57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb		
			* 89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No		

Периодическая система элементов, предложенная Н. Бором в 1921г



Периодическая система, предложенная Н. Бором, и дополненная новыми элементами

1 H	3 Li	11 Na	19 K	37 Rb	55 Cs	87 Fr
2 He	4 Be	12 Mg	20 Ca	38 Sr	56 Ba	88 Ra
	5 B	13 Al	21 Sc	39 Y	57 La	89 Ac
	6 C	14 Si	22 Ti	40 Zr	58 Ce	90 Th
	7 N	15 P	23 V	41 Nb	59 Pr	91 Pa
	8 O	16 S	24 Cr	42 Mo	60 Nd	92 U
	9 F	17 Cl	25 Mn	43 Tc	61 Pm	93 Np
	10 Ne	18 Ar	26 Fe	44 Ru	62 Sm	94 Pu
			27 Co	45 Rh	63 Eu	95 Am
			28 Ni	46 Pd	64 Gd	96 Cm
			29 Cu	47 Ag	65 Tb	97 Bk
			30 Zn	48 Cd	66 Dy	98 Cf
			31 Ga	49 In	67 Ho	99 Es
			32 Ge	50 Sn	68 Er	100 Fm
			33 As	51 Sb	69 Tm	101 Md
			34 Se	52 Te	70 Yb	102 No
			35 Br	53 I	71 Lu	103 Lr
			36 Kr	54 Xe	72 Hf	104 Rf
					73 Ta	105 Db
					74 W	106 Sg
					75 Re	107 Bh
					76 Os	108 Hs
					77 Ir	109 Mt
					78 Pt	110 Ds
					79 Au	111 Rg
					80 Hg	112 Cn
					81 Tl	113 Nh
					82 Pb	114 Fl
					83 Bi	115 Mc
					84 Po	116 Lv
					85 At	117 Ts
					86 Rn	118 Og